

PCT/JP.2004/002190

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

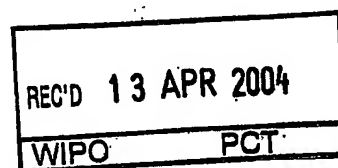
25. 2. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 3月20日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-078762  
[ST. 10/C]: [JP2003-078762]



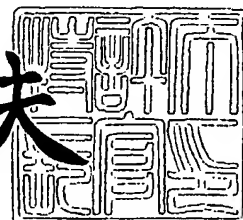
出 願 人  
Applicant(s): 株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 3月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3025026

【書類名】 特許願

【整理番号】 IA02-029

【提出日】 平成15年 3月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F27B 17/00  
B64G 4/00

【発明の名称】 静電浮遊炉及びこれを用いた試料の融合方法

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース内

【氏名】 川崎 和憲

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県富岡市藤木 9 0 0 番地 株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース・エンジニアリング内

【氏名】 旭 広明

【特許出願人】

【識別番号】 500302552

【氏名又は名称】 株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース

【代理人】

【識別番号】 100102141

【弁理士】

【氏名又は名称】 的場 基憲

【電話番号】 03-5840-7091

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 061067

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0100025

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電浮遊炉及びこれを用いた試料の融合方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空チャンバーと、この真空チャンバー内で対向させた主電極と、上記主電極間で生じさせた電場により浮遊する試料を所定位置に移動させる補助電極と、所定位置に移動した試料にレーザ光を照射して溶融するレーザ照射部を備えた静電浮遊炉において、上記主電極を上下方向に適宜間隔をもって複数配置して隣接する主電極間に電場発生空間をそれぞれ形成すると共に、これらの電場発生空間の各々に対応して補助電極をそれぞれ配置し、上端に位置する主電極側及び下端に位置する主電極側のいずれにも上記レーザ照射部を配置して同軸上で互いに対向させ、中間に位置する主電極のレーザ光の光路上には試料が通過し得る貫通孔を設けたことを特徴とする静電浮遊炉。

【請求項 2】 真空チャンバーと、この真空チャンバー内で対向させた主電極と、上記主電極間で生じさせた電場により浮遊する試料を所定位置に移動させる補助電極と、所定位置に移動した試料にレーザ光を照射して溶融するレーザ照射部を備えた静電浮遊炉において、電場発生空間を形成する一对の主電極を上下方向に複数組積層すると共に、複数の電場発生空間の各々に対応して補助電極をそれぞれ配置し、上端に位置する主電極側及び下端に位置する主電極側のいずれにも上記レーザ照射部を配置して同軸上で互いに対向させ、中間に位置する主電極のレーザ光の光路上には試料が通過し得る貫通孔を設けたことを特徴とする静電浮遊炉。

【請求項 3】 試料を撮影する CMOS カメラ又は CCD カメラと、光を試料に照射する背景光源と、輪郭強調の画像処理をリアルタイムで実施して浮遊状態にある試料の重心位置を出力するデジタルシグナルプロセッサを具備した撮像装置を隣接する電場発生空間に跨って設けた請求項 1 又は 2 に記載の静電浮遊炉。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載された静電浮遊炉を用いて複数の試料を融合するに際して、

複数の電場発生空間のうちのいずれかの電場発生空間におけるレーザ光の光路

上で第1の試料を浮遊させるのに続いて、一方の主電極側のレーザー照射部から第1の試料に対してレーザー光を照射して溶融させる工程、

レーザー光を照射することで溶融状態を維持した第1の試料を浮遊させつつ、上記電場発生空間とは異なる電場発生空間におけるレーザー光の光路上で第2の試料を浮遊させるのに続いて、他方の主電極側のレーザー照射部から第2の試料に対してレーザー光を照射して溶融させる工程、

第1の試料を溶融状態で浮遊させている電場発生空間及び第2の試料を溶融状態で浮遊させている電場発生空間のうち上方に位置する電場発生空間から、試料の温度と位置と落下速度を制御しつつ中間に位置する主電極の貫通孔を通して下方に位置する電場発生空間に移動させて、溶融状態にある試料同士を浮遊させたまに融合する工程、

一方のレーザー照射部及び他方のレーザー照射部からのレーザー光の照射をいずれも停止して第1の試料及び第2の試料の融合体を凝固させた後、下方に位置する電場発生空間内の所定位置に移動させる工程、

を経て複数の試料を融合することを特徴とする静電浮遊炉を用いた試料の融合方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、帯電させた試料を電極間で発生する電場により浮遊状態にし、この試料に加熱処理を行うのに用いられる静電浮遊炉に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

従来における静電浮遊炉としては、扁平な概略円筒状の真空チャンバー内に、同チャンバーの軸線であるZ軸上に一对の主電極を配置すると共に、これに直交するX軸上およびY軸上に夫々一对の補助電極を配置したものがある。

##### 【0003】

この静電浮遊炉は、主電極間に投入した試料を電極接触、紫外線照射あるいは加熱により帯電させた後、主電極間で発生する電場によって試料を浮遊状態にし

、この際、主電極間や補助電極間の電位をコントロールすることで試料を所定の位置に維持し、この試料にレーザ光を照射して加熱溶融する。このように加熱溶融させた試料を冷却凝固させることにより、外的干渉を排除した状態（容器を使わない状態）で結晶を生成することができる。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記した従来の静電浮遊炉において、試料を浮遊させた状態で溶融させることはできるものの、1つの電場で複数の試料を浮遊させることが不可能であることから、2つないしそれ以上の試料を浮遊させつつ融合することはできない。

#### 【0005】

ここで、上記した静電浮遊炉以外の浮遊炉として、試料を電磁的に浮遊させる電磁浮遊炉が知られているが、この電磁浮遊炉を用いて、例えば、2つの試料を融合させる場合、2つの試料を重ねた状態で加熱し、電気抵抗の違いによって先に溶融した試料を溶融していない試料に付着させた後、両者を一体で浮遊させて全体的に溶融させて融合するようにしているため、外的干渉を排除した状態での融合（無容器での融合）とは言えないという問題があるのに加えて、2つの試料の温度を個別に調節することができないという問題を有していた。

#### 【0006】

また、電磁浮遊炉をもってしても、溶融しないと浮遊させることができない不導体同士の融合が極めて困難であるのは言うまでもなく、これらの問題を解決することが課題であった。

#### 【0007】

##### 【発明の目的】

本発明は、上記した従来の課題に着目して成されたものであって、例えば、2つの試料を融合する場合、試料が導体であるか否かに関係なく、試料を個別に浮遊させつつ溶融させてそれぞれの温度を維持しながら融合することができ、その結果、外的干渉を排除した状態での融合を実現することが可能である静電浮遊炉及びこれを用いた試料の融合方法を提供することを目的としている。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1の静電浮遊炉は、真空チャンバーと、この真空チャンバー内で対向させた主電極と、上記主電極間で生じさせた電場により浮遊する試料を所定位置に移動させる補助電極と、所定位置に移動した試料にレーザ光を照射して溶融するレーザ照射部を備えた静電浮遊炉において、上記主電極を上下方向に適宜間隔をもって複数配置して隣接する主電極間に電場発生空間をそれぞれ形成すると共に、これらの電場発生空間の各々に対応して補助電極をそれぞれ配置し、上端に位置する主電極側及び下端に位置する主電極側のいずれにも上記レーザ照射部を配置して同軸上で互いに対向させ、中間に位置する主電極のレーザ光の光路上には試料が通過し得る貫通孔を設けた構成としており、上記した静電浮遊炉の構成を前述の従来課題を解決するための手段としている。

## 【0009】

本発明の請求項2の静電浮遊炉は、真空チャンバーと、この真空チャンバー内で対向させた主電極と、上記主電極間で生じさせた電場により浮遊する試料を所定位置に移動させる補助電極と、所定位置に移動した試料にレーザ光を照射して溶融するレーザ照射部を備えた静電浮遊炉において、電場発生空間を形成する一対の主電極を上下方向に複数組積層すると共に、複数の電場発生空間の各々に対応して補助電極をそれぞれ配置し、上端に位置する主電極側及び下端に位置する主電極側のいずれにも上記レーザ照射部を配置して同軸上で互いに対向させ、中間に位置する主電極のレーザ光の光路上には試料が通過し得る貫通孔を設けた構成としており、上記した静電浮遊炉の構成を前述の従来課題を解決するための手段としている。

## 【0010】

本発明の請求項3の静電浮遊炉は、試料を撮影するCMOSカメラ又はCCDカメラと、光を試料に照射する背景光源と、輪郭強調の画像処理をリアルタイムで実施して浮遊状態にある試料の重心位置を出力するデジタルシグナルプロセッサを具備した撮像装置を隣接する電場発生空間に跨って設けた構成としている。

## 【0011】

一方、本発明の静電浮遊炉を用いた試料の融合方法は、請求項1～3のいずれかに記載された静電浮遊炉を用いて複数の試料を融合するに際して、複数の電場発生空間のうちのいずれかの電場発生空間におけるレーザ光の光路上で第1の試料を浮遊させるのに続いて、一方の主電極側のレーザ照射部から第1の試料に対してレーザ光を照射して熔融させる工程、レーザ光を照射することで熔融状態を維持した第1の試料を浮遊させつつ、上記電場発生空間とは異なる電場発生空間におけるレーザ光の光路上で第2の試料を浮遊させるのに続いて、他方の主電極側のレーザ照射部から第2の試料に対してレーザ光を照射して熔融させる工程、第1の試料を熔融状態で浮遊させている電場発生空間及び第2の試料を熔融状態で浮遊させている電場発生空間のうち上方に位置する電場発生空間から、試料の温度と位置と落下速度を制御しつつ中間に位置する主電極の貫通孔を通して下方に位置する電場発生空間に移動させて、熔融状態にある試料同士を浮遊させたまま融合する工程、一方のレーザ照射部及び他方のレーザ照射部からのレーザ光の照射をいずれも停止して第1の試料及び第2の試料の融合体を凝固させた後、下方に位置する電場発生空間内の所定位置に移動させる工程、を経て複数の試料を融合する構成としており、上記した静電浮遊炉を用いた試料の融合方法の構成を前述の従来の課題を解決するための手段としている。

#### 【0012】

##### 【発明の作用】

本発明の請求項1及び請求項2の静電浮遊炉では、電場発生空間を複数有しているうえ、これらの電場発生空間の各々に対応する補助電極を有しているので、電場発生空間のそれぞれにおいて試料を浮遊させて移動させ得ることとなり、電場発生空間で浮遊する各試料に対して上端に位置する主電極側のレーザ照射部及び下端に位置する主電極側のレーザ照射部からレーザ光をそれぞれ照射すると、浮遊する試料を個別に熔融させてそれぞれの温度を維持し得ることとなり、この状態で、上方に位置する電場発生空間から試料の温度と位置と落下速度を制御しつつ中間に位置する主電極の貫通孔を通して下方に位置する電場発生空間に移動させれば、熔融状態にある試料同士が浮遊したまま融合することとなる。

#### 【0013】



また、試料は融合するまでの間、各々の電場発生空間において独立して浮遊するので、例えば、試料の位置情報を得るための撮像装置を隣接する2つの電場発生空間に跨って設置すれば、1つの撮像装置で一方の電場発生空間内の試料及び他方の電場発生空間内の試料を個々に追跡し得ることとなり、上記撮像装置を複数の電場発生空間の数に合わせて設置しなくて済む分だけ、静電浮遊炉のコンパクト化が図られることとなる。

#### 【0014】

本発明の請求項3に係わる静電浮遊炉では、隣接する電場発生空間に跨って設けた撮像装置のCMOSカメラ又はCCDカメラで試料を個別に追跡して、デジタルシグナルプロセッサの画像処理により、試料の位置情報を約1kHzの高速でサンプリングし得ることとなる。

#### 【0015】

一方、本発明の請求項4に係わる静電浮遊炉を用いた試料の融合方法では、上記した構成としているので、試料を個別に浮遊させつつ溶融させてそれぞれの温度を維持しながら融合し得ることとなる。

#### 【0016】

##### 【発明の効果】

請求項1及び請求項2の静電浮遊炉並びに請求項4の静電浮遊炉を用いた試料の融合方法によれば、例えば、2つの試料を融合する場合において、試料が導体であるか否かを問わず、試料を個別に浮遊させつつ溶融させることができるうえ、それぞれの試料の温度を維持しながら融合することができ、したがって、外的干渉を排除した状態、いわゆる容器を用いない状態での融合を実現することが可能になるという非常に優れた効果がもたらされる。

#### 【0017】

また、例えば、試料の位置情報を得るための撮像装置を隣接する2つの電場発生空間に跨って設置するだけで、一方の電場発生空間内の試料及び他方の電場発生空間内の試料を個々に追跡することができ、したがって、上記撮像装置を複数の電場発生空間の数に合わせて設置しなくて済む分だけ、静電浮遊炉のコンパクト化が実現可能であるという非常に優れた効果がもたらされる。

## 【0018】

請求項3の静電浮遊炉では、静電浮遊炉のコンパクト化を実現したうえで、複数の電場発生空間においてそれぞれ浮遊する試料の各位置情報を高速サンプリングすることが可能であるという非常に優れた効果がもたらされる。

## 【0019】

## 【実施例】

以下、本発明を図面に基づいて説明する。なお、本発明の静電浮遊炉は、各部の詳細な構成が以下の実施例のみに限定されないことは言うまでもない。

## 【0020】

図1～図4は、本発明の静電浮遊炉の一実施例を示しており、図1～図3に示すように、この静電浮遊炉1は、真空チャンバー2（図2のみに示す）と、この真空チャンバー2内において上下方向に5～10mmの間隔をおいて設けた複数枚（この実施例では3枚の）の円盤状の主電極3を備えており、隣接する主電極3，3間を電場発生空間Aとしてある。

## 【0021】

また、この静電浮遊炉1は、主電極3，3間の電場発生空間Aで生じさせた電場により浮遊する試料Sを所定位置（主電極3の中心を通る軸P上）に移動させる補助電極4と、所定位置に移動した試料Sにレーザ光Laを照射して溶融するレーザ照射部5を備えている。

## 【0022】

上記補助電極4は、主電極3の配列方向、すなわち、軸Pと直交する平面内において互いに直交する2つの軸Q，R上にそれぞれ対を成して配置してあり、一方、レーザ照射部5は、上端に位置する主電極（一方の主電極）3U側及び下端に位置する主電極（他方の主電極）3L側のいずれにも配置してあって、これらのレーザ照射部5は、軸P上において互いに対向させてある。

## 【0023】

この場合、上端の主電極3U及び下端の主電極3Lには、高速高電圧アンプ6がそれぞれ接続してあり、中央に位置する主電極3Cの軸Pが通過する中心には、すなわち、レーザ光Laの光路上にあたる中心には、試料Sが通過し得る貫通

孔 3 a が設けてある。

【0024】

さらに、この静電浮遊炉 1 は、2 つの電場発生空間 A、A に跨って設置した撮像装置 10 を備えている。この撮像装置 10 は、電場発生空間 A、A の各内部においてそれぞれ独立して浮遊する試料 S、S を撮影する CCD カメラ 11 (あるいは CMOS カメラ) と、試料 S を間にして CCD カメラ 11 とは反対側に取り付けられて波長が 400 ~ 450 nm の光を試料 S に向けて照射する背景光源としてのメタルハライド光源 12 と、CCD カメラ 11 で捕えた画像について輪郭を強調する画像処理をリアルタイムで実施して浮遊状態にある試料 S の重心位置を出力するデジタルシグナルプロセッサ (図示省略) を具備しており、互いに直交するようにして 2 組配置してある。

【0025】

なお、図 1 及び図 3 の符号 3 b は、試料載置スポットである。

【0026】

次に、上記構成の静電浮遊炉 1 を用いて試料を融合する要領を説明する。

【0027】

まず、図 4 (a) に示すように、2 つの電場発生空間 A のうちの下方に位置する電場発生空間 A に投入した第 1 の試料 S1 (S) を帯電させた後、主電極 3 C、3 L 間の電場発生空間 A で発生する電場によって試料 S1 を浮遊状態にすると共に、主電極 3 C、3 L 間や補助電極 4、4 間の電位差をコントロールすることで試料 S1 を所定位置 P に移動させて維持し、この状態で下方のレーザ照射部 5 から第 1 の試料 S1 に対してレーザ光 La を照射して熔融させる (第 1 工程)。

【0028】

次いで、図 4 (b) に示すように、レーザ光 La を照射することで熔融状態が維持された第 1 の試料 S1 を所定位置 P において浮遊させつつ、上方の電場発生空間 A に投入した第 2 の試料 S2 (S) を帯電させた後、主電極 3 C、3 U 間の電場発生空間 A で発生する電場によって試料 S2 を浮遊状態にすると共に、主電極 3 C、3 U 間及び補助電極 4、4 間の電位差をコントロールすることで試料 S2 を所定位置 P に移動させて維持し、上方のレーザ照射部 5 から第 2 の試料 S2

に対してレーザ光L aを照射して溶融させる（第2工程）。

#### 【0029】

次に、図4（c）に示すように、第2の試料S 2を溶融状態で浮遊させている上方に位置する電場発生空間Aから、試料S 2の温度と位置と落下速度を制御しつつ中間に位置する主電極3 Cの貫通孔3 aを通して下方の電場発生空間Aに移動させて、溶融状態にある試料S 1，S 2同士を浮遊させたまま融合する（第3工程）。

#### 【0030】

そして、上下のレーザ照射部5，5からのレーザ光L aの照射をいずれも停止して第1の試料S 1及び第2の試料S 2の融合体S'を凝固させた後、主電極3 C，3 L間及び補助電極4，4間の電位差をコントロールして試料S 1を下方の電場発生空間A内の載置スポット3 bに移動させる（第4工程）。

#### 【0031】

上記工程において、2つの電場発生空間A，Aに跨って設置した互いに直交する2組の撮像装置10の各CCDカメラ11が試料S 1，S 2を個別に追跡し、デジタルシグナルプロセッサの画像処理によって、試料S 1，S 2の各位置情報を約1kHzの高速でそれぞれサンプリングすることで、試料S 1，S 2の位置を絶えず認識している。

#### 【0032】

上記したように、この実施例の静電浮遊炉1及びこの静電浮遊炉1を用いた試料の融合方法によれば、試料Sが導体であるか否かを問わず、試料S 1，S 2を個別に浮遊させつつ溶融させることができ、加えて、試料S 1，S 2個々の温度を維持しながら融合することができるので、容器を用いない状態での試料S 1，S 2の融合が可能になる。

#### 【0033】

また、上記静電浮遊炉1では、試料S 1，S 2を各々の電場発生空間A，Aにおいて独立して浮遊させるようにしているので、互いに直交するようにして電場発生空間A，Aに跨って設置した2組の撮像装置10，10により、第1の試料S 1及び第2の試料S 2を個々に追跡し得ることとなり、上記撮像装置10の設

置台数を少なく抑えて全体のコンパクト化を図りつつ、2つの電場発生空間Aにおいてそれぞれ浮遊する試料S1、S2の各位置情報を高速サンプリングし得ることとなる。

#### 【0034】

上記した実施例では、2つの電場発生空間Aのうちの下方に位置する電場発生空間Aに投入した第1の試料S1を熔融させた後、上方に位置する電場発生空間Aに投入した第2の試料S2を熔融する場合を示したが、上方の電場発生空間Aに投入した第2の試料S2を先に熔融させたり、両試料S1、S2を同時に熔融させたりしてもよい。

#### 【0035】

図5は本発明の静電浮遊炉の他の実施例を示しており、この実施例の静電浮遊炉21が先の実施例の静電浮遊炉1と相違するところは、電場発生空間Aを形成する一対の主電極23、23を絶縁層27を介して上下方向に2組積層すると共に、主電極23に高速高電圧アンプ6をそれぞれ接続し、中間に位置する主電極23に設けた貫通孔23aとほぼ同じサイズの貫通孔27aを絶縁層27に設けた点にあり、他の構成は先の実施例の静電浮遊炉1と同じである。

#### 【0036】

この静電浮遊炉21においても、試料Sが導体であるか否かにかかわらず、試料S1、S2を個別に浮遊させつつ熔融させることができると共に、試料S1、S2個々の温度を維持しながら融合することが可能であり、したがって、容器を用いない状態での試料S1、S2の融合が可能になる。加えて、主電極23に高速高電圧アンプ6をそれぞれ接続しているので、ピーク電圧の高いアンプ（例えば、ピーク電圧が20kVのアンプ）を用いずに高電位差の電場を生じさせることができる、すなわち、システムが簡易になるピーク電圧の低いアンプ（例えば、ピーク電圧が10kVのアンプ）のみで高電位差の電場を生じさせることができる。

#### 【0037】

上記した実施例では、いずれも2つの電場発生空間Aを形成して、2つの試料S1、S2を融合する場合を示したが、これに限定されるものではなく、主電極

3, 23を多数並べることで電場発生空間Aを多数形成し、これらの電場発生空間Aに応じた数の試料Sを順次融合することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の静電浮遊炉の一実施例を示す主電極及び補助電極の配置状況説明図である。

【図2】

図1における静電浮遊炉の横断面説明図である。

【図3】

図1における静電浮遊炉の簡略縦断面説明図である。

【図4】

図1における静電浮遊炉を用いて試料を融合する要領を示す工程説明図(a)～(d)である。

【図5】

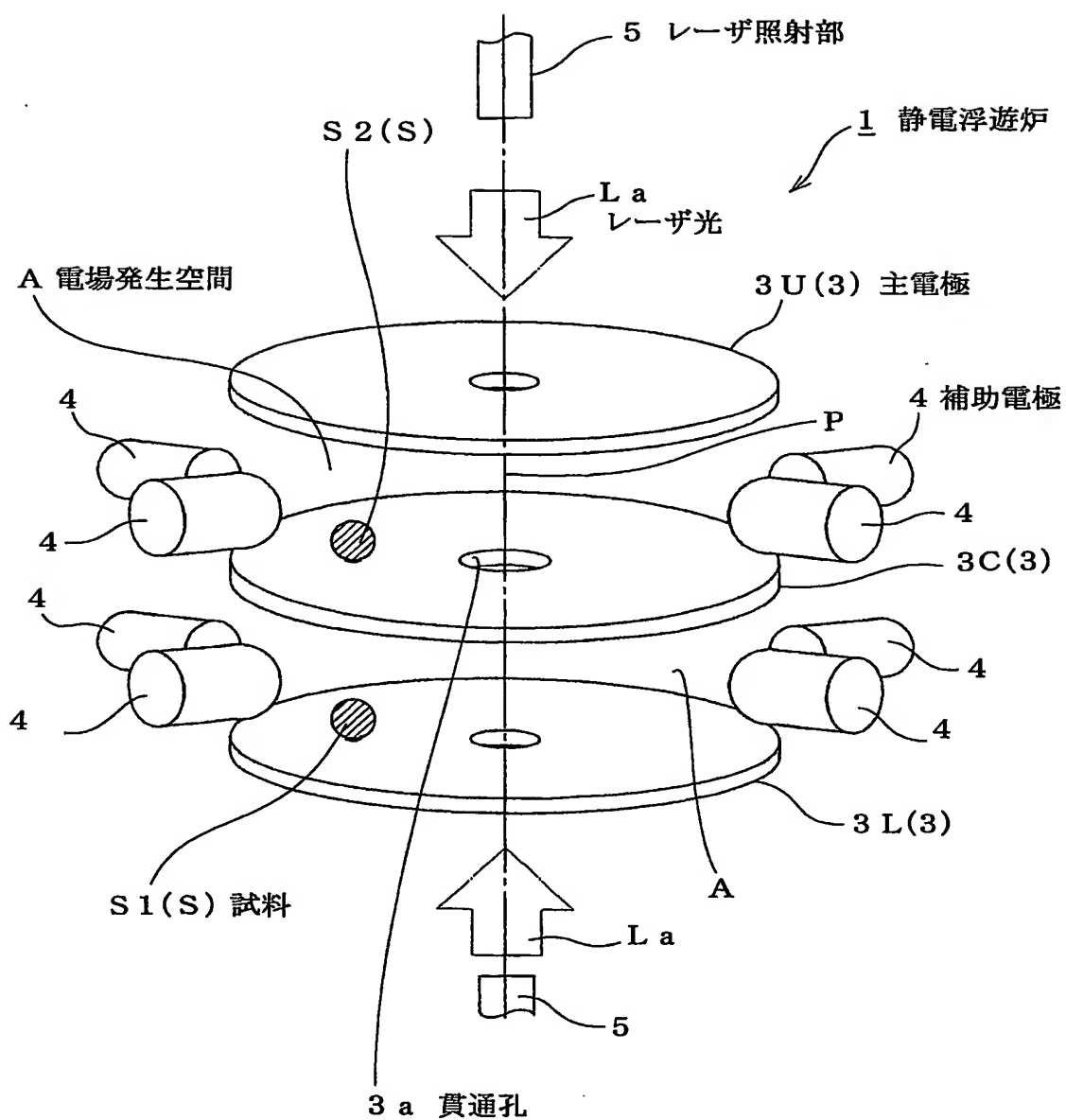
本発明の静電浮遊炉の他の実施例を示す簡略縦断面説明図である。

【符号の説明】

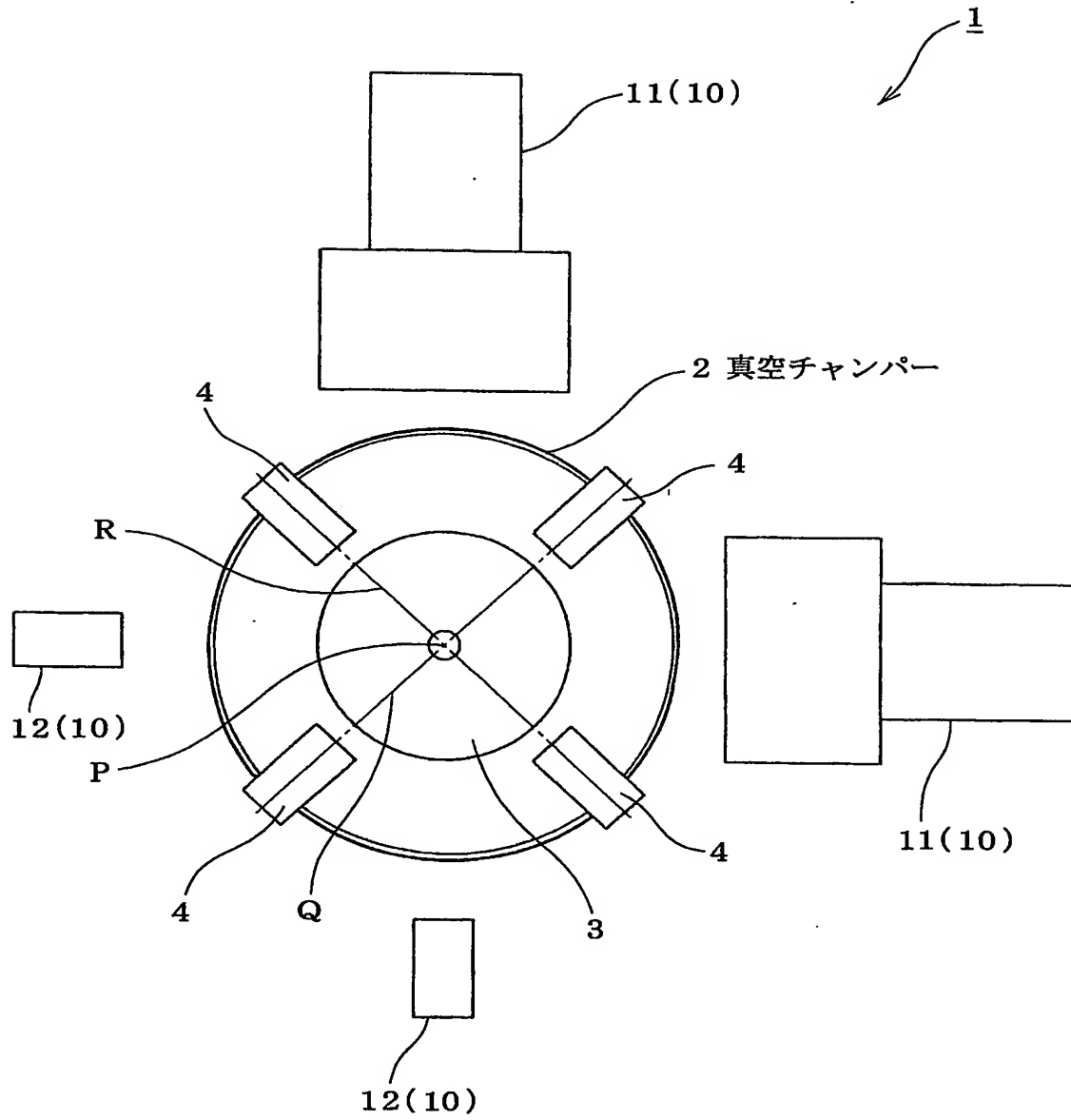
- 1, 21 静電浮遊炉
- 2 真空チャンバー
- 3 (3U, 3C, 3L), 23 主電極
- 3a, 23a 貫通孔
- 4 補助電極
- 5 レーザ照射部
- 10 撮像装置
- 11 CCDカメラ
- 12 メタルハライド光源 (背景光源)
- A 電場発生空間
- La レーザ光
- P 所定位置 (主電極3の中心を通る軸上)
- S (S1, S2) 試料

【書類名】 図面

【図 1】

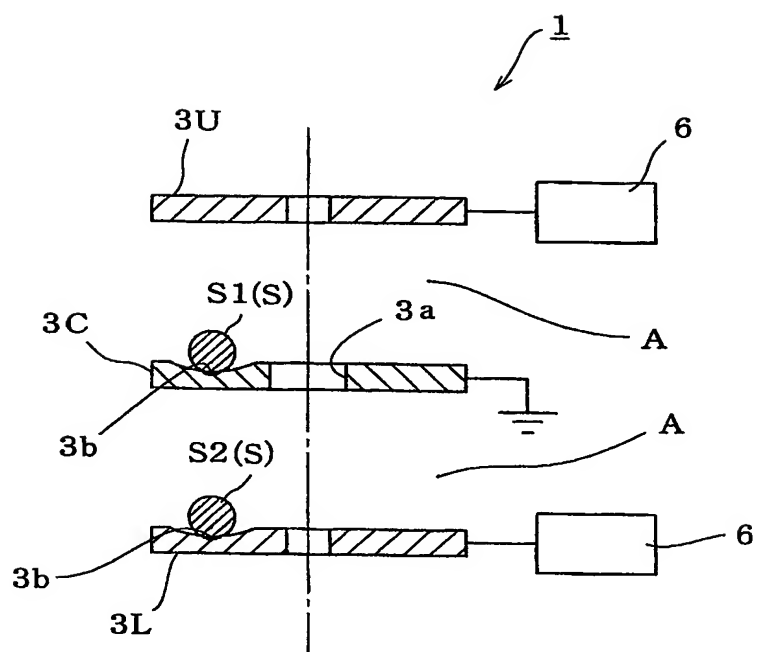


【図 2】

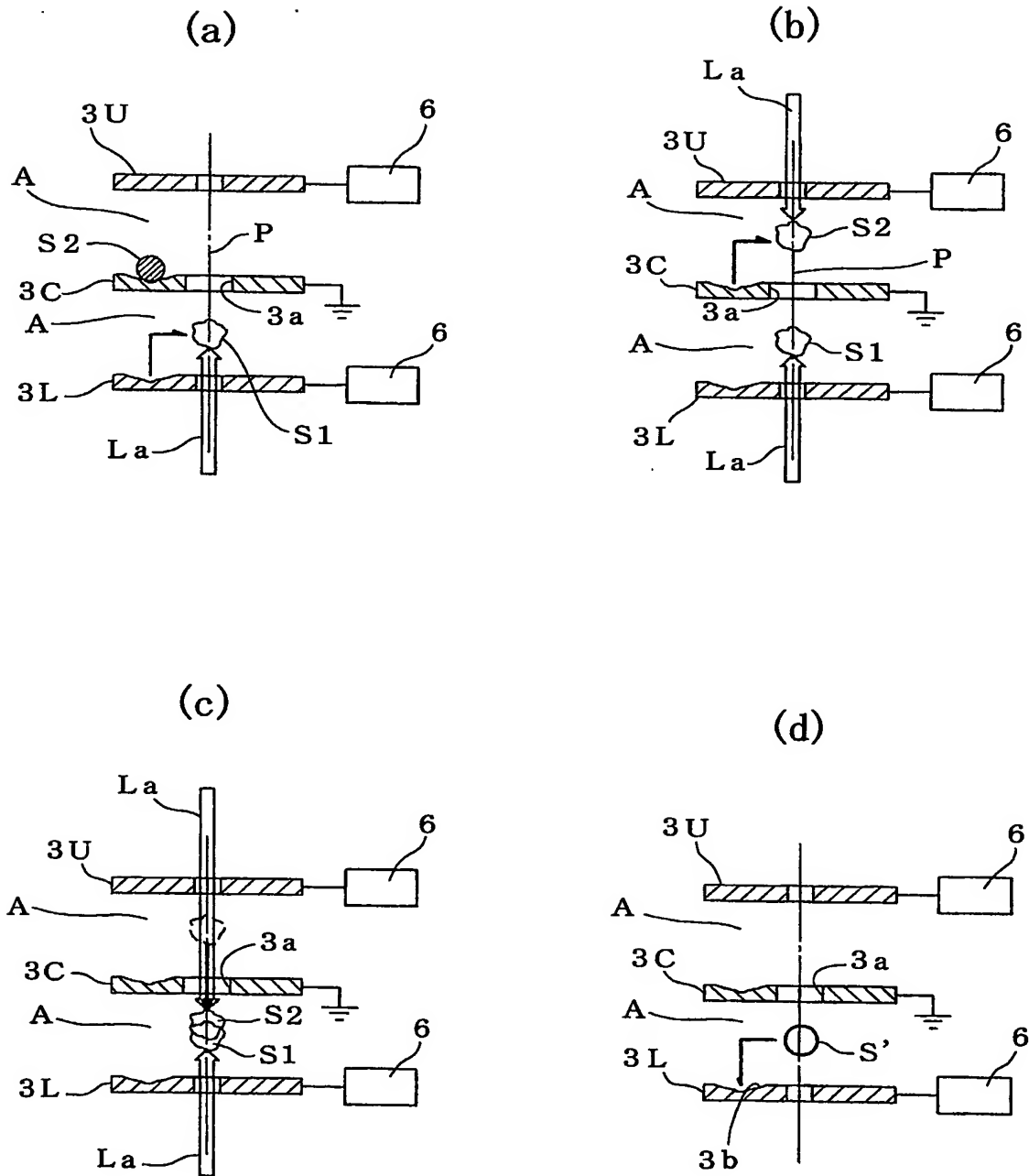




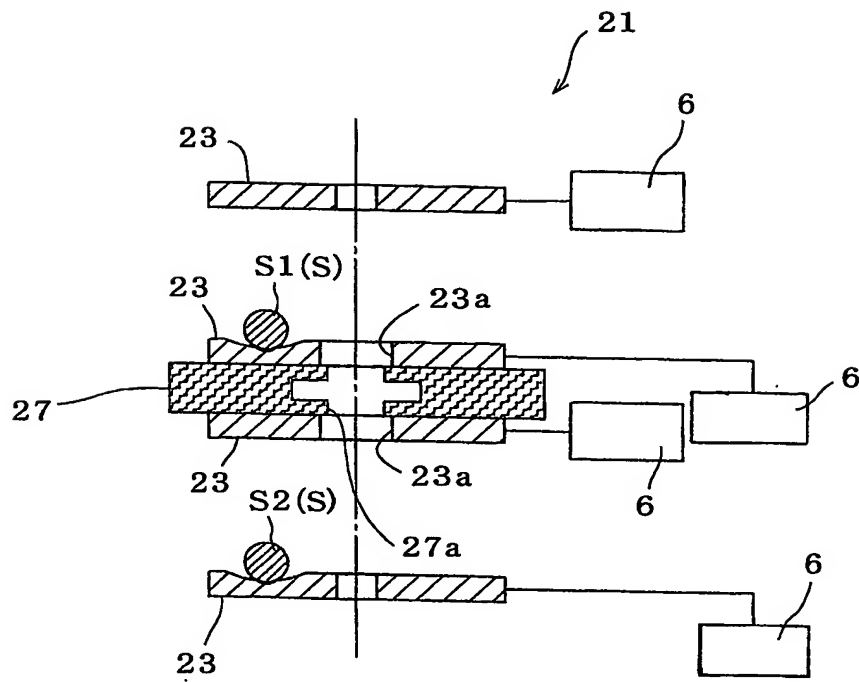
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料が導体であるか否かに関係なく、試料を個別に浮遊させつつ熔融させて各々の温度を維持しながら融合することができ、外的干渉を排除した状態での融合を実現する。

【解決手段】 真空チャンバー 2 と、真空チャンバー 2 内で対向させた主電極 3 と、主電極 3, 3 間の電場により浮遊する試料 S を所定位置 P に移動させる補助電極 4 と、試料 S にレーザ光 L a を照射して熔融するレーザ照射部 5 を備えた静電浮遊炉において、主電極 3 を上下方向に適宜間隔をもって複数配置して隣接する主電極 3, 3 間に電場発生空間 A を形成する。電場発生空間 A の各々に対応して補助電極 4 を配置する。上端の主電極 3 U 側及び下端の主電極 3 L 側のいずれにもレーザ照射部 5 を配置して同軸上で互いに対向させ、中間の主電極 3 の中心には試料 S が通過し得る貫通孔 3 a を設けた。

特願 2003-078762

出願人履歴情報

識別番号

[500302552]

1. 変更年月日

2000年 6月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区大手町二丁目2番1号

氏 名

株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース